

DEGRADASI ZAT WARNA ARTIFISIAL LIMBAH TEKSTIL DENGAN ADVANCED OXIDATION PROCESSES MENGGUNAKAN KATALIS NANOPARTIKEL CE/KARBON

Farhiz Lagan¹, Edy Saputra², Chairul²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
farhizlagan@gmail.com

ABSTRACT

One of the innovation textile waste processing is advance oxidation processes using peroxymonosulfate and catalyst nanoparticle Ce/carbon. This study was aimed to decrease content of artificial dye waste and determined the optimum conditions by using catalyst nanoparticle Ce/carbon. Catalyst synthesis was processed in hydrothermal autoclave at temperature 180⁰C for 18 hours, it convert D-glucose into black carbon, then impregnated with catalyst metal Ce by 3% and 5% by weight, after that catalyst calcined by N₂ at temperature 500⁰C for 4 hours. Adsorption of artificial dye textile waste was held 25 ppm for 2 hours with concentration of catalyst 0,4 gr/L. The optimum adsorption of artificial dye textile waste with catalyst concentration 0,4 gr/L was is 12,921 with adsorption percentage reached 48,32%.

Keyword: advanced oxidation processes, nanopartikel Ce/carbon, dye

1. Pendahuluan

Tekstil merupakan salah satu hasil kerajinan turun temurun yang banyak diminati oleh masyarakat mancanegara. Industri tekstil di Indonesia memainkan peranan penting dalam meningkatkan orientasi ekspor ke negara luar dalam memenuhi kebutuhan pasar internasional. Selain itu, industri tekstil juga berkontribusi sebesar 12,72 % dalam perolehan devisa negara terhadap ekspor non migas (Hermawan, 2011). Seiring dengan pesatnya perkembangan industri tekstil yang membawa dampak positif bagi negara, namun perkembangannya juga perlu diimbangi dengan pengolahan yang baik terhadap limbah buangnya, baik dalam bentuk gas, padat maupun cair (Prapto W, 1980). Kebanyakan industri tekstil menggunakan pewarna sintetis dengan alasan murah, tahan lama, mudah diperoleh dan mudah dalam penggunaannya, tetapi limbah yang

dihasilkan masih berwarna dan sulit terdegradasi. Industri tersebut sebagian besar merupakan industri rumah tangga yang umumnya belum memiliki pengolahan limbah yang cukup baik. Air limbah yang berasal dari industri tekstil rumah tangga tersebut merupakan zat warna senyawa organik dari jenis *procion*, *cibacron*, *naphthol*, *indigosol*, *remazol* maupun *rhodamin* yang jika dialirkan ke badan perairan akan mengurangi kadar oksigen perairan karena oksigen tersebut justru digunakan sebagai pengoksidasi senyawa organik zat warna tersebut (Budiyo, 2008). Air limbah dari industri tekstil tidak hanya mengganggu kualitas badan air secara visual (warna) tetapi dapat juga menghambat jalannya sinar dalam air, yang pada akhirnya menghambat proses biologis dalam badan air (Meyer V *et al*, 1992). Berdasarkan alasan inilah maka pemerintah memprioritaskan industri tekstil

untuk masuk kedalam Kep MENLH No. 51/1995, yakni suatu industri yang limbahnya harus memenuhi baku mutu air buangan dan pemakaian air juga harus dibatasi untuk menghasilkan setiap ton produk. Dan juga berkaitan dengan Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Salah satu alternatif pengolahan limbah tekstil dengan biaya operasional yang tidak terlalu tinggi adalah metode *Advanced Oxidation Process* (AOP) yang dapat mendegradasi senyawa-senyawa berbahaya dalam limbah melalui proses oksidasi (*oxidative degradation*) (Malato *et al*, 2002). Teknologi *Advanced Oxidation Process* (AOP) adalah salah satu atau kombinasi dari beberapa proses seperti ozon (O_3), *hydrogen peroxide*, *ultraviolet light*, *titanium oxide*, *photocatalyst*, *sosnolysis*, *electron beam*, *electrical discharge* serta beberapa proses lainnya untuk menghasilkan radikal aktif (Esplugas *et al*, 2002). Radikal aktif tersebut mudah bereaksi dengan senyawa organik apa saja tanpa terkecuali, terutama senyawa-senyawa organik yang selama ini sulit atau tidak dapat diuraikan dengan metode mikrobiologi atau membran filtrasi. Selain itu, hasil akhir dari proses oksidasi tersebut hanya karbon dioksida dan air, sehingga tidak berbahaya jika dibuang ke badan air (Klamerth, 2011).

Salah satu radikal aktif yaitu sulfat radikal ($SO_4^{\bullet -}$) memiliki potensial oksidasi yang cukup tinggi sebesar 2,5 – 3,1 V (Neta P *et al*, 1988). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menghasilkan sulfat radikal salah satunya *peroxymonosulfate* yang diaktivasi dengan logam transisi seperti Co, Fe, Mn, Cu, Ce, Ni dan Ru. Pasangan logam transisi dengan *peroxymonosulfate* telah terbukti sebagai oksidan yang sangat kuat dan dapat mendegradasi senyawa-senyawa organik yang susah diuraikan (Anipsitakis dan Dionysiou, 2004). Sulfat radikal tidak hanya memiliki kemampuan untuk

menguraikan senyawa-senyawa organik, namun sekaligus dapat menghilangkan kandungan senyawa-senyawa turunan yang mungkin terbentuk selama proses oksidasi berlangsung. Hal ini dapat ditunjukkan dengan hanya karbon dioksida dan air saja sebagai hasil akhir dari proses oksidasi dengan AOP (Fernandez-Alba *et al*, 2002).

Pada penelitian ini dilakukan proses AOP terhadap air yang telah ditambahkan zat warna azo yaitu *remazol red RB* dengan konsentrasi tertentu, dengan katalis berupa nanopartikel Ce/karbon. Sintesis katalis cerium menggunakan metode hidrotermal, dimana cerium tersebut dengan dilapisi menggunakan karbon aktif dari D-glukosa ($C_6H_{12}O_6$) sehingga menjadi nanopartikel Ce/karbon. Enkapsulasi cerium dalam pori karbon merupakan cara yang paling efisien dalam peningkatan transportasi, suspensi dan stabilitas nanopartikel Ce/karbon. Karbon aktif merupakan adsorben yang sangat penting dalam pengolahan air. Karbon aktif juga digunakan sebagai *support material* dimana dapat meningkatkan kinerja adsorpsi dan ukurannya yang nano dapat mempercepat proses adsorpsi karena memiliki luas permukaan yang besar. Selain itu dengan memanfaatkan sifat magnetik dari nanopartikel Ce/karbon proses pemisahan air dengan katalis pun menjadi lebih efektif dan cepat (Putri Lia *et al*, 2013).

2. Metode Penelitian

2.1 Sintesis Katalis

Komposit nanopartikel Ce/karbon dapat dibuat dengan melarutkan *D-glucose* (99.5%) dengan aquadest, setelah itu diaduk dengan menggunakan *stirrer* selama 4 jam. Campuran larutan tersebut, kemudian ditransferkan ke dalam *Teflon-line autoclave* (120 ml) dan diovenkan pada suhu 180 °C selama 18 jam, setelah itu larutan didinginkan pada temperatur ruangan. *Black carbon* yang dihasilkan, kemudian disaring dan dicuci dengan etanol/aquades, setelah itu endapan di

panaskan pada suhu 80 °C. Endapan yang telah disaring (*black carbon*) diimpregnasi dengan *cerrium (III) nitrat hexahidrat* $[\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ kemudian dilarutkan dalam aquades, setelah itu diaduk selama 24 jam dan dikeringkan pada suhu 105 °C. Setelah dihasilkan katalis Ce/karbon, kemudian katalis dikalsinasi dengan N_2 pada temperature 500 °C selama 4 jam.

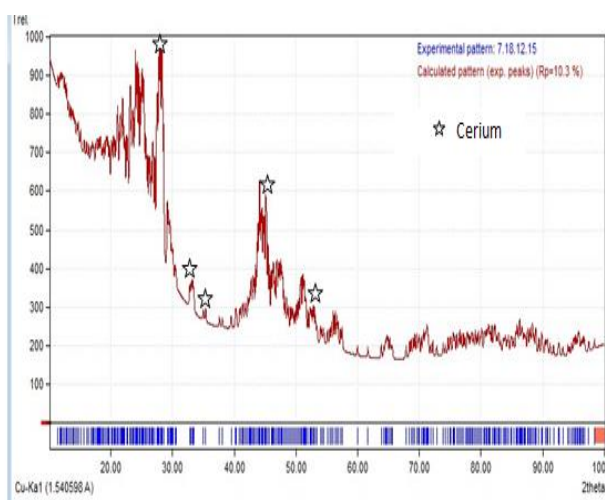
2.2 Adsorpsi Remazol Red

Degradasi zat warna ini dilakukan dengan larutan stok *remazol red* (limbah tekstil *artificial*) sebanyak 1000 ml di dalam *beaker glass* 2000 ml. Adsorpsi dengan katalis nanopartikel Ce/karbon dengan konsentrasi 0,4 gr/L.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakterisasi Katalis

Karakterisasi katalis dilakukan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dengan radiasi Cu-K α yang dioperasikan pada 40 kV dan 30 mA dengan rentang 10-100 (°2 θ). Analisa XRD bertujuan untuk melihat unsur cerium hasil sintesis. Berikut adalah hasil analisa XRD untuk katalis nanopartikel Ce/karbon dapat dilihat pada Gambar 1.



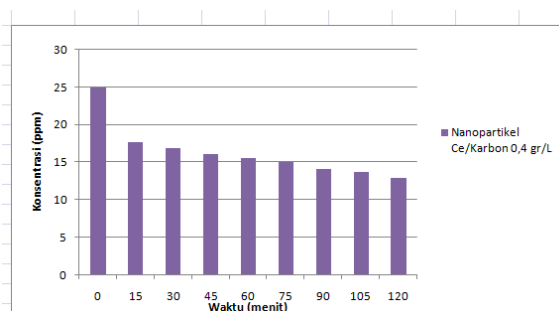
Gambar 1. Grafik Analisa X-Ray Diffraction (XRD) Nanopartikel Ce/Karbon

Berdasarkan analisa XRD yang telah dilakukan, diketahui *peak number* pada 2 θ dan intensitas mineral yang menunjukkan

tingkat kiralinitasnya (*crystallinity*). Berdasarkan ICDD No. 00-001-0745 (*International Centre for Diffraction Data*, ICDD), unsur cerium terdapat pada posisi 2 θ : 27,858°; 31,82°; 34,882°; 46,284°; dan 54,582°. Tingkat kristalinitas tertinggi terdapat pada *peak number* 27,84° dengan intensitas mineral 100%.

3.2 Pengaruh Rasio Persen Berat Logam Katalis dan Variasi Konsentrasi Katalis Nanopartikel Ce/Karbon dalam Adsorpsi Remazol Red

Adsorpsi zat warna limbah *remazol red* 25 ppm dilakukan dengan katalis nanopartikel Ce/karbon dengan konsentrasi 0,4 gr/L



Gambar 2. Adsorpsi *Remazol Red* dengan Katalis Nanopartikel Ce/Karbon 5%

Berdasarkan Gambar 2 didapatkan hasil optimum adsorpsi *remazol red* 25 ppm dengan konsentrasi nanopartikel Ce/karbon 5% 0,4 gr/L yaitu dengan konsentrasi akhir 12,921 ppm dengan persentase adsorpsi 48,32%.

Hal ini dikarenakan karbon aktif merupakan adsorben yang sangat penting dalam pengolahan air. Karbon aktif juga digunakan sebagai *support material* dimana dapat meningkatkan kinerja adsorpsi dan ukurannya yang nano dapat mempercepat proses adsorpsi karena memiliki luas permukaan yang besar (Putri Lia *et al*, 2013). Selain itu logam Ce merupakan material semikonduktor yang juga dapat menyerap warna (Pouretedal H. R dan Kadkhodaie A, 2010).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian adsorpsi zat warna limbah tekstil *artfisial* dengan *advanced oxidation processes* (AOP) menggunakan katalis nanopartikel Ce/karbon sangat baik dalam mendegradasi zat warna artifisial *remazol red*. Konsentrasi optimum saat mendegradasi *remazol red* 25 ppm dengan katalis nanopartikel Ce/karbon didapatkan konsentrasi optimum yaitu 0,4 gr/L dengan adsorpsi sebesar 12,921 ppm dan persentase adsorpsi sebesar 48,32%.

Daftar Pustaka

- Anipsitakis, G.P., dan Dionysiou, D.D., 2004, *Environmental Science and Technology* 38, 3705-3712.
- Budiyono, 2008, *Kriya Tekstil untuk SMK*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Esplugas, S., Gimenez, J., Contreras, S., Pascual, E dan Rodriguez, M., 2002, *Comparison of Different Advanced Oxidation Processes fot Phenol Degradation*, Water Research, Vol.36, 1034-1042.
- Fernandez-Alba, A.R., Hernando, D., Aguera, A., Caceres, J., dan Malato, S., 2002, *Toxicity Assays : A Way for Evaluating AOPs Effeciency*, Water Research, 4255-4263.
- Hermawan, I., 2011, *Analisa Dampak Kebijakan Makroekonomi terhadap Perkembangan Industri Tekstil dan Produk Tekstil Indonesia*, Jakarta: Buletin Ekonomi Moneter dan Perbankan.
- Huang, K.C., Couttenye, R, A dan Hoag, G, E., 2002, *Kinetics of Heat-assisted Persulfate Oxidation of Methyl Tert-butyl Ether (MTBE)*, Chemosphere, 413-420.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 51/MENLH/10.1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri.
- King, S, L., Wang, S dan Peng, Y., 2010, *Oxidative Degradation of Dyes in Water Using $\text{Co}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ and $\text{Co}^{2+}/\text{Peroxymonosulfate}$* , Journal of Hazardous Materials, 385-389.
- Klamerth, N., 2011, *Application of a Solar Photo-Fenton for the Treatment of Contaminants in Municipal Wastewater Effluents*, Almeria: Departamento de Hidrogeologia y Quimica Analitica.
- Malato, S., Blanco, J., Vidal, A dan Richter, C., 2002, *Photocatalysis with Solar Energy at a Pilot Plant-Scale : an Overview*. Applied Catalysis B : Environmental, 349 – 357.
- Meyer, V., Carlsson, F.H.H., dan Oellermann, R.A., 1992, *Decolourisation of Textile Effluent Using Low Cost Natural Adsorbent Material*, Water Science Technologi, 1205-1211.
- Neta, P., Huie, R.E., dan Ross A.B., 1998, *Rate Costants for Reaction of Inorganic Radical Aqueous Solution*, H., Phys., Chem., Ref data., 1028-1284.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor: 82 Tahun 2001, Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pouretedal., H., R dan Kadkhodaie., A, 2010, *Synthetic CeO_2 Nanoparticle of Methylene Blue Photodegradation : Kinetics and Mechanism*, Chinese Journal of Catalysis, 1328-1334.
- Prapto, W., 1980, *Teknik Pengolahan Air Buangan Industri*, Himpunan Karangan Ilmiah di Bidang Perkotaan dan Lingkungan.
- Putri L, T., Nanda., M dan Zulaikah., S., 2013, *Synthesizing and Characterising Carbon Encapsulated Nanoparticle Fe_3O_4 by Using Hydrothermal Method as Textille Dye Waste Absorber Rodhamin*, Jurusan FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Saputra, E., Syaifullah, M., Sun, H., Ha-Ming, A., Moses, O.T., dan Wang, S, 2013, *A Comparative Study of Spinel*

- Structured Mn₃O₄, Co₃O₄, and Fe₃O₄ nanoparticles in Catalytic Oxidation of Phenolic Contaminants in Aqueous Solution*, Journal of Colloid and Interface Science, 407 (2013) 467-473.
- Saputra, E., Syaifullah, M., Sun, H., Ha-Ming, A., Moses, O.T., dan Wang, S 2013, *Shape-controlled Activation of Peroxymonosulfate by Single Crystal α -Mn₂O₃ for Catalytic Phenol Degradation in Aqueous Solution*, Applied Catalysis B : Environmental, 154-155 (2014), 246-251.
- Zhou, G., Sun, H., Liu, S., Ha-Ming, A., Moses, O.T dan Wang, S., 2012, *Nano-Fe⁰ Encapsulated in Microcarbon Spheres : Synthesis Characterizatiion and Environmental Applications*, Applied Material Interfaces, 6235-6241.